

УДК 621.9.025.7

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕГЛАМЕНТОВ ОБСЛУЖИВАНИЯ МОДУЛЬНЫХ РЕЗЦОВ С УЧЕТОМ КАЧЕСТВА ИХ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И УРОВНЯ ПОВРЕЖДЕННОСТИ

Казакова Т.В., Мироненко Е.В., Марчук Е.В.
(ДГМА, г. Краматорск, Украина)

Рост затрат по эксплуатации автоматизированного оборудования, особенно крупноразмерного, в значительной степени зависит от числа отказов в технологической системе и, прежде всего тех, причиной которых является выход из строя режущего инструмента (РИ). Последнее обуславливает повышенные требования как к уровню надежности самих инструментов, так и к необходимости назначения и соблюдения рациональных регламентов их эксплуатации [1].

Проблема повышения надежности и эффективности эксплуатации РИ, чему и посвящена рассматриваемая статья, связана с правильным решением следующих задач:

- 1 Правильным выбором конструкции сборного инструмента, материала и геометрических параметров его режущей части;
- 2 Обеспечением качества сборного инструмента при его изготовлении;
- 3 Правильным выбором режима резания, обеспечивающего минимальную себестоимость обработки и максимально возможную при этом производительность;
- 4 Своевременной замены и качественного восстановления режущего инструмента.

Как показано в работах [1, 2], выбор рациональной конструкции сборных резцов, особенно на стадии исследований, целесообразно осуществлять по результатам форсированных испытаний. Для сборных резцов с $H \geq 40$ мм выбор рациональной конструкции целесообразно выполнять в производственных условиях методом постоянной повышенной подачи T_p . Значения подачи выбирают экспериментально таким образом, чтобы сократить время испытаний (период стойкости до разрушения) T_p и обеспечить единство физической природы отказа инструмента при испытаниях и в нормальных условиях эксплуатации.

Для прогнозирования надежности эксплуатации резцов для крупных и тяжелых станков по результатам форсированных испытаний методом T_p [2] предложены следующие зависимости:

$$T_{\text{э}} = 1,21 \cdot T_p^{0,96}, \quad r_1 = 0.98, \quad (1)$$

$$q = 54 \cdot 10^4 T_p^{-1.92}, \quad r_1 = -0.95, \quad (2)$$

$$V_{T_{\text{э}}} = 1.05 \cdot V_{T_p}^{0.53}, \quad r_1 = 0.92, \quad (3)$$

где T_p, V_{T_p} – период стойкости и коэффициент его вариации при испытаниях с постоянной повышенной подачей;

$T_{\text{э}}, V_{T_{\text{э}}}$ – период стойкости и коэффициент его вариации в эксплуатации;

q – доля поломок сборных резцов в эксплуатации;

r_i – коэффициенты парной корреляции (для указанных зависимостей).

Существенное влияние на период стойкости в эксплуатации оказывает качество изготовления сборных резцов. В результате измерений основных показателей качества изготовления сборных твердосплавных резцов ($H = 20 \dots 32$ мм) и испытаний этих резцов в производственных условиях получены корреляционные зависимости для прогнозирования среднего периода стойкости (таблица 1).

При эксплуатации режущего инструмента актуальной является задача раннего выявления дефектов и неисправностей, которая позволяет предотвратить неустранимые отказы уже в процессе технического обслуживания. Приведенные в таблице 1 корреляционные зависимости для прогнозирования периода стойкости в эксплуатации по результатам контроля качества изготовления показывают, что на стадии раннего выявления дефектов и неисправностей целесообразно оценивать отклонения от параллельности базовых поверхностей опорных пластин.

Для решения задачи технического обслуживания модульных резцов использован известный в технической диагностике метод минимального риска [3].

Решение диагностической задачи (отнесение изделий к исправным или неисправным) всегда связано с риском ложной тревоги или пропуска дефекта. Задача состоит в выборе значения X_0 (отклонения от параллельности базовой поверхности опорной пластины) параметра X таким образом, что при $X > X_0$ следует принимать решение о непригодности к эксплуатации, при $X < X_0$ следует допускать дальнейшую работу.

Таблица 1. Зависимость периода стойкости сборных резцов от качества их изготовления

Параметр качества изготовления	Коэффициент корреляции	Корреляционное уравнение для периода стойкости
1	2	3
Твердость державки, HRC	0,69	$T = 0.8 * HRC^{1.1}$
Отклонение от параллельности базовых поверхностей опорных пластин Π_6 , мкм	-0,87	$T = 139.8 * \Pi_6^{-0.44}$
Отклонение от параллельности главных базовых поверхностей державки δ_1 , мкм	-0,61	$T = 34.5 * \delta_1^{-0.48}$
Отклонение от плоскостности вспомогательных базовых поверхностей державки δ_2 , мкм	-0,71	$T = 194.4 * \delta_2^{-0.69}$
Свисание режущей пластины c , мм	-0,61	$T = 21.98 * c^{-0.57}$

Так как состояние системы характеризуется одним параметром, то система имеет одномерное пространство признаков. Принятые обозначения: D_1 – исправное состояние и D_2 – наличие дефекта. Тогда указанное условие решения состоит в следующем:

$$\text{при } X < X_0 \quad X \in D_1; \text{ при } X > X_0 \quad X \in D_2. \quad (4)$$

Практически невозможно выбрать значение X_0 , при котором условие (4) не давало бы ошибочных решений. Задача состоит в том, чтобы выбор X_0 был бы в некотором смысле оптимальным, то есть давал наименьшее число ошибочных решений.

Введем следующие определения: ложной тревогой будем называть случай, когда принимается решение о наличии дефекта, но в действительности система находится в исправном состоянии; пропуск дефекта – принятие решения об исправном состоянии, тогда как система содержит дефект.

Обозначим H_{ij} ($i, j = 1, 2$) возможные решения по условию (4) (первый нижний индекс соответствует индексу принятого диагноза, второй – индексу действительного состояния). Тогда:

H_{12} – пропуск дефекта; H_{21} – ложная тревога; H_{11}, H_{22} – правильные решения.

Рассмотрим вероятность ложной тревоги $P(H_{21})$ при использовании условия (1) (случай, когда при $X > X_0$ резец является исправным, но по условию (1) рассматривается как дефектный). Площадь под кривой плотности вероятности исправного состояния, соответствующая $X > X_0$, выражает условную вероятность ситуации $X > X_0$ для исправных изделий

$$P(\tilde{O} > \tilde{O}_0/D_1) = \int_{\tilde{O}_0}^{\infty} f(X/D_1)dx. \quad (5)$$

Вероятность ложной тревоги равна вероятности произведения двух событий: наличие исправного состояния и значения $X > X_0$. Тогда

$$P(H_{21}) = P(D_1)P(\tilde{O} > \tilde{O}_0/D_1) = P_1 \int_{\tilde{O}_0}^{\infty} f(X/D_1)dx, \quad (6)$$

где $P_1 = P(D_1)$ – априорная вероятность диагноза D_1 (считается известной на основании предварительных статистических данных).

Подобным образом находится и вероятность пропуска дефекта:

$$P(H_{12}) = P(D_2)P(\tilde{O} > \tilde{O}_0/D_2) = P_2 \int_{-\infty}^{\tilde{O}_0} f(X/D_2)dx. \quad (7)$$

Средний риск – вероятность принятия ошибочного решения складывается из вероятности ложной тревоги и пропуска дефекта. Если приписать «цены» этим ошибкам, то получим выражение для среднего риска

$$R = c_{21}P_1 \int_{\tilde{O}_0}^{\infty} f(X/D_1)dx + c_{12}P_2 \int_{-\infty}^{\tilde{O}_0} f(X/D_2)dx. \quad (8)$$

В задачах надежности стоимость пропуска дефекта обычно существенно больше стоимости ложной тревоги ($c_{12} \gg c_{21}$). Иногда вводится «цена» правильных решений H_{11}, H_{22} , которая для сравнения со стоимостью потерь (ошибок) принимается отрица-

тельной. В общем случае средний риск (ожидаемая величина потери) выражается равенством

$$R = c_{11}P_1 \int_{-\infty}^{X_0} f(X/D_1)dx + c_{21}P_1 \int_{X_0}^{\infty} f(x/D_1)dx + c_{21}P_2 \int_{-\infty}^{X_0} f(X/D_2)dx + c_{22}P_2 \int_{X_0}^{\infty} f(x/D_2)dx. \quad (9)$$

Величина X , предъявляемая для распознавания, является случайной и поэтому равенства (8) и (9) представляют собой среднее значение (математическое ожидание) риска.

Найдем граничное значение X_0 в условии (4) из условия минимума среднего риска:

$$\frac{dR}{dX_0} = c_{11}P_1 f(X_0/D_1) - c_{21}P_1 f(X_0/D_1) + c_{21}P_2 f(X_0/D_2) - c_{22}P_2 f(X_0/D_2) = 0 \quad (10)$$

или

$$\frac{f(X_0/D_1)}{f(X_0/D_2)} = \frac{(c_{12} - c_{22})P_2}{(c_{21} - c_{11})P_1}. \quad (11)$$

В соответствии с условием (4) по методу минимального риска принимают следующее решение о состоянии объекта, имеющего данное значение параметра X :

$$X \in D_1, \text{ если } \frac{f(X/D_1)}{f(X/D_2)} > \frac{(c_{12} - c_{22})P_2}{(c_{21} - c_{11})P_1}, \quad (12)$$

$$X \in D_2, \text{ если } \frac{f(X/D_1)}{f(X/D_2)} < \frac{(c_{12} - c_{22})P_2}{(c_{21} - c_{11})P_1}. \quad (13)$$

Отношения (12) и (13) называются отношениями правдоподобия.

Для оценки состояния инструмента целесообразно ввести величину λ , представляющую собой пороговое значение для отношения правдоподобия. В большинстве практических задач условные выигрыши (поощрения) для правильных решений не вводятся и тогда

$$\lambda = c_{12}P_2 / c_{21}P_1. \quad (14)$$

Для практического подтверждения полученных результатов были исследованы несколько партий модульных резцов, изготовленных в разное время. В результате измерений отклонений от параллельности для двух партий установлены следующие средние

значения отклонений от параллельности $\bar{\Pi}_\delta$, их средних квадратичных отклонения σ_{Π_δ} и их коэффициентов вариации V_{Π_δ} :

первая партия $\bar{\Pi}_{\delta 1} = 0.99$ мкм, $\sigma_{\Pi 1} = 0.19$, $V_{\Pi 1} = 0.2$;

вторая партия $\bar{\Pi}_{\delta 2} = 1.96$ мкм, $\sigma_{\Pi 2} = 0.54$, $V_{\Pi 2} = 0.27$.

Плотность распределения отклонения от параллельности базовых поверхностей опорных пластин соответствует нормальному закону.

Экспериментально установлено, что при пропуске дефекта возникает поломка режущей пластины, вызывающая необходимость замены опорной пластины, а в ряде случаев - прихвата и крепежного винта. Такая замена может осуществляться как без замены блока, так и с его заменой. Время замены (ремонтпригодность) различных элементов блочных резцов представлено в таблице 2.

Для расчета величины λ (14) использованы следующие показатели: c_{12} – время замены элементов модульного резца в результате поломки режущей пластины, c_{21} – время замены режущей пластины, P_1 – вероятность исправного состояния, P_2 – вероятность наличия дефекта. Зависимость величины λ и среднего периода стойкости T от вероятности наличия дефекта P_2 для различных значений c_{12} показана на рисунке 1.

Расчеты показывают, что увеличение P_2 приводит к существенному увеличению стоимости пропуска дефекта и снижению периода стойкости блочных резцов.

Таблица 2. Время замены элементов модульных резцов

Заменяемый элемент	Вид замены	Показатель замены	
		среднее время замены T_3 , с	Коэффициент вариации V_{T_3}
Модуль	Замена модуля	75	0,24
Режущая пластина	Время замены режущей пластины	42	0,26
Опорная пластина	Поворот или замена опорной пластины	48	0,29
Прихват-стружколом	Замена прихвата	96	0,25
Крепежный винт	Замена винта	52	0,29

Из расчетов следует, что увеличение $P_2 > 0,2$ приводит к существенному снижению периода стойкости. Поэтому, если превышение отклонения от параллельности наблюдается больше, чем у 20% модульных резцов, партию следует считать непригодной для эксплуатации.

Для нахождения оптимального значения $\Pi_\delta(X_0)$ используем формулу:

$$\ln \left[\frac{\int f(X_0/D_1)}{\int f(X_0/D_2)} \right] = \ln \frac{c_{12}P_1}{c_{21}P_2}. \quad (15)$$

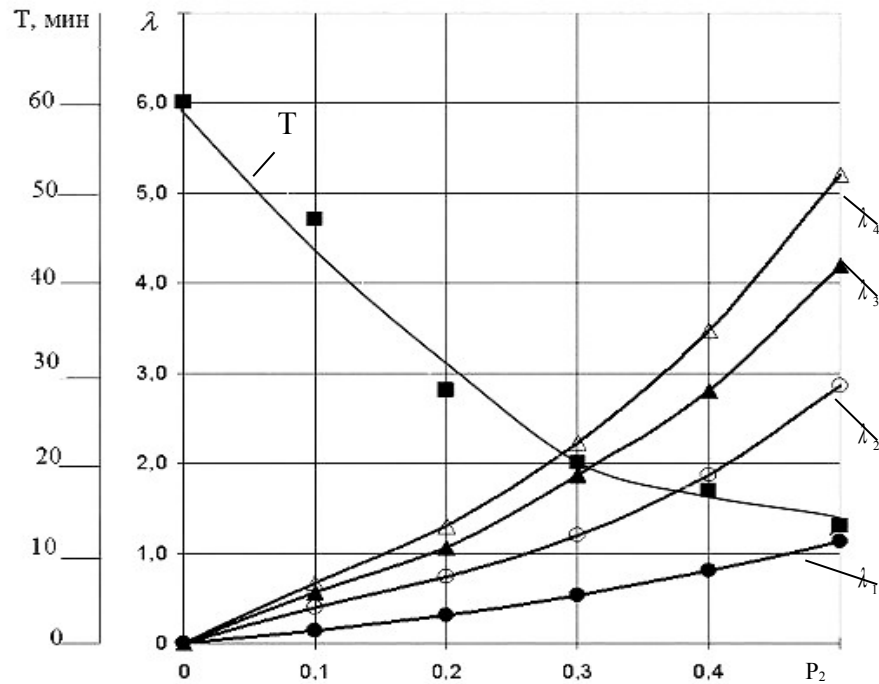


Рис. 1. Стоимость пропуска дефекта при различной вероятности его наличия
 λ_1 – стоимость пропуска дефекта при замене опорной пластины без замены блока;
 λ_2 – стоимость пропуска дефекта при замене опорной пластины с одновременной заменой блока;
 λ_3 – стоимость пропуска дефекта при замене опорной пластины, блока и крепежного винта;
 λ_4 – стоимость пропуска дефекта при замене опорной пластины, блока и прихвата

Плотность распределения $\Pi_{\delta}(X)$ для первой партии

$$f(X_0/D_1) = \frac{1}{\sigma_{X_1}\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(X-\bar{X}_1)^2}{2\sigma_{X_1}^2}} = \frac{1}{0.19\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(X_0-0.99)^2}{2 \cdot 0.19^2}}$$

Для второй партии

$$f(X_0/D_2) = \frac{1}{\sigma_{X_2}\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(X-\bar{X}_2)^2}{2\sigma_{X_2}^2}} = \frac{1}{0.54\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(X_0-1.96)^2}{2 \cdot 0.54^2}}$$

После использования уравнения (15) получим

$$\frac{(X_0 - 0.99)^2}{2 \cdot 0.19^2} + \frac{(X_0 - 1.96)^2}{2 \cdot 0.54^2} = \ln \frac{0.19}{0.54} \frac{48}{42} \frac{0.2}{0.8}$$

Решая квадратное уравнение, получим $X_0(P_\delta) = 1.32$ мкм. После уменьшения отклонения от параллельности базовых поверхностей опорных пластин получено увеличение периода стойкости второй партии резцов в 1,4 раза.

Проведенные теоретические и экспериментальные исследования позволяют сделать выводы, что метод минимального риска может быть использован для решения следующих задач:

1. Оценки качества сборного инструмента при его изготовлении;
2. Расчета стоимости пропуска дефекта в зависимости от количества дефектных изделий;
3. Определения оптимального значения контролируемого параметра, обеспечивающего минимальную стоимость пропуска дефекта.

Список литературы:1. Хаев Л.Г., Казакова Т.В. Обеспечение качества инструмента в гибком автоматизированном производстве. – М.: ВНИИТЭМР, 1986. – 40 с.2. Казакова Т.В. Обеспечение качества сборного твердосплавного инструмента на различных этапах его создания и эксплуатации // Надежность инструмента и оптимизация технологических систем. Вып. 9. – Краматорск: ДГМА, 1999. – С. 110-115. 3. Биргер И.А. Техническая диагностика. – М.: Машиностроение, 1978 – 240 с.

ВИЗНАЧЕННЯ РЕГЛАМЕНТІВ ОБСЛУГОВУВАННЯ МОДУЛЬНИХ РІЗЦІВ З УРАХУВАННЯМ ЯКОСТІ ЇХ ВИГОТОВЛЕННЯ ТА РІВНЯ УШКОДЖЕННЯ

Казакова Т.В., Мироненко Є.В., Марчук Є.В.

Запропонована методика визначення регламентів обслуговування модульних різців з використанням відомого у технічній діагностиці методу мінімального ризику. Показана ефективність використання цього методу для оцінки якості блочних різців, розрахунку вартості пропуску дефекту та визначення оптимального значення параметру, що контролюється та забезпечує мінімальну вартість пропуску дефекту.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕГЛАМЕНТОВ ОБСЛУЖИВАНИЯ МОДУЛЬНЫХ РЕЗЦОВ С УЧЕТОМ КАЧЕСТВА ИХ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И УРОВНЯ ПОВРЕЖДЕННОСТИ

Казакова Т.В., Мироненко Е.В., Марчук Е.В.

Предложена методика определения регламентов обслуживания модульных резцов с использованием известного в технической диагностике метода минимального риска. Показана эффективность использования этого метода для оценки качества блочных резцов, расчета стоимости пропуска дефекта и определения оптимального значения контролируемого параметра, обеспечивающего минимальную стоимость пропуска дефекта.

THE DETERMINATION OF THE BLOCK CUTTERS SERVICING SCHEDULES IN VIEW OF QUALITY OF ITS MANUFACTURING AND LEVEL OF DAMAGES

Kazakova T.V., Mironenko E.V., Marchuk E.V.

The technique for determination of the block cutters servicing schedules using the minimum risk method. Which is well known in the technical diagnostics, was offered. And it was shown the efficiency of this technique as for the estimation of the compound cutters quality, calculation of the defect missing cost and determination of the optimal value of the controlled parameter, which provides the minimal cost of the defect missing.